

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ НА ВПИТЫВАНИЕ ВЛАГИ
В ДРЕВЕСИНЕ**Хворых Александр Михайлович***аспирант первого курса ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ**E-mail: sasha.khvorykh@yandex.ru*

INFLUENCE OF WOOD MODIFICATION ON MOISTURE PERCEPTION IN WOOD

Khvorykh Alexander Mikhailovich*First-year postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia**E-mail: sasha.khvorykh@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассматривается влияние модификации древесины на понимание её взаимодействия с влагой. Анализируется воздействие влажности на механические, физические и химические свойства древесины, включая изменение прочности, жёсткости и твердости. Описаны процессы влагопереноса, структура древесины и её способность к впитыванию влаги. Рассматриваются виды влаги в древесине, такие как свободная и связанная вода. Особое внимание уделено методам модификации древесины и их влиянию на влагопоглощение. Представлены перспективы дальнейших исследований для улучшения методов модификации и оптимизации влагостойкости древесины.

Abstract. The article discusses the impact of wood modification on understanding its interaction with moisture. The influence of moisture on the mechanical, physical, and chemical properties of wood is analyzed, including changes in strength, stiffness, and hardness. The processes of moisture transfer, wood structure, and its absorption capacity are described. Different types of moisture in wood, such as free and bound water, are considered. Special attention is given to methods of wood modification and their effect on moisture absorption. Prospects for further research to improve modification methods and optimize wood's moisture resistance are outlined.

Ключевые слова: Древесина, модификация, влажность, влагоперенос, механические свойства, влагопоглощение, методы модификации.

Keywords: wood, modification, moisture, moisture transfer, mechanical properties, moisture absorption, modification methods.

Древесина является гигроскопическим материалом, который способен поглощать молекулы воды из окружающей среды и удерживать их внутри себя. Влага играет ключевую роль для характеристик древесины, напрямую влияя на её прочность и долговечность. В данной статье мы рассмотрим, как влага влияет на характеристики древесины и как методы модификации древесины влияют на взаимодействие древесины с окружающей средой [1].

Влага влияет на древесину за счёт её микроструктуры, за это отвечают такие элементы, как целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин. Одно из основных влияний влаги на древесину, это набухание древесины при высоком уровне влажности окружающей среды и усыхание при низкой влажности или высоких температурах, которые могут быть в процессе сушки. В сухом состоянии стенки древесины почти непористые, но с проникновением молекул воды возникают временные нанопоры, которые вызывают набухание своим

расширением. Также схлопывание нанопор вызывает уменьшение геометрических размеров древесины. Стоит также отметить, что равновесное состояние влаги в древесине зависит не только от влажности в данный момент времени, но и от влажности с которой сталкивался образец до испытаний. Это явление также называют гистерезисом сорбации. Основной вклад в диффузию влаги внутри древесины вносит перемещение водяного пара, так как диффузивность влаги в продольном направлении гораздо больше, чем в поперечном и в тангенциальном направлениях. Зачастую при рассмотрении диффузии влаги внутри древесины пренебрегают перемещение влаги в поперечном направлении, так как их объём относительно продольного перемещения очень мал, но обесценивать данный вклад полностью тоже нельзя. На рис. 1 [2] показана структура древесины на различных уровнях приближения. На макроуровне мы видим годовые кольца древесины. На микроуровне мы видим пористую микроструктуру, представляющую собой сочетание клеточных стенок, пор находящихся в них и полостей для продольной диффузии влаги. В свою очередь клеточная стенка состоит из трёх основных функциональных слоёв, а именно целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин. Целлюлоза является основным компонентом клеточных стенок и отвечает за физические свойства древесины. Гемицеллюлоза в структуре древесины отвечает за взаимодействие с влагой, а именно за процессы её поглощения и сохранения внутри себя. Лигнин в свою очередь обладает высокой степенью гидрофобности и помогает защищать структуру от излишков влаги.

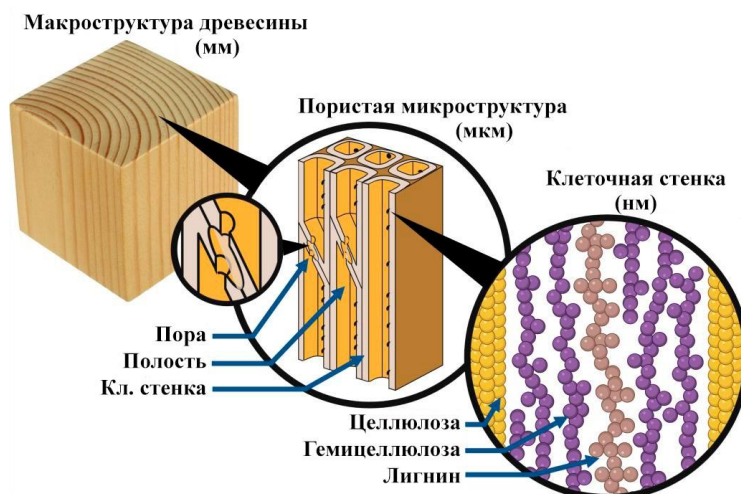


Рисунок 1. Структура древесины на разных уровнях

Рассмотрим различные типы модификации, которые могут изменить, как свойства древесины в целом, так и её химические свойства, связанные с изменениями в клеточных стенках. На рис. 2 приведены схемы изменений, которые происходят на клеточном уровне при некоторых видах модификаций. Стоит отметить, что получить тот или иной эффект зачастую можно несколькими способами, как от изменения химических элементов при химической модификации, так и совсем разными типами воздействия. На рисунке имеются следующие цветовые обозначения для элементов целлюлоза – жёлтая, гемицеллюлоза – фиолетовая, а лигнин – коричневый, а молекулы воды синим цветом. Рассмотрим данные типы модификаций более подробно.

Удаление гидроксила является распространённым типом химического воздействия на функциональные группы. Процесс представляет собой замену гидроксил на другие функциональные группы, которые могут представлять собой также гидроксилы. В следствие, этого при воздействии на древесину с помощью данного типа модификации может происходить как уменьшение числа гидроксил, так и увеличение, что может привести как к увеличению гигроскопичности материала, так и увеличению.

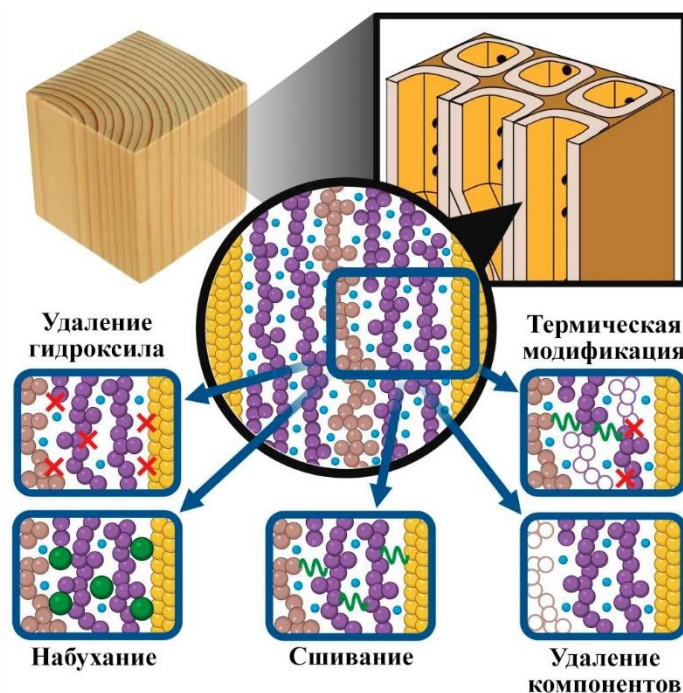


Рисунок 2. Типы модификации и их влияние на клеточном уровне

Ещё одним типом модификации, который зачастую используется при обработке древесины, является метод набухания. В данном случае в процессе модификации в продольных полостях древесины появляются новые молекулярные соединения, которые уменьшают доступное для диффузии пространство, что мешает циркуляции влаги внутри древесины, а также препятствует процессам набухания. По похожему принципу работает метод сшивания, при котором за счёт воздействия химических веществ, которые могут вступать в реакцию сразу с несколькими функциональными группами, возникают молекулярные соединения, закрывающие собой продольные полости в древесине и крепко скрывающие соседние компоненты. Это мешает как диффузии, так и набуханию закреплённых компонентов. Совсем наоборот работает технология удаления компонентов. В данном случае за счёт удаления одного из основных компонентов клеточной структуры, меняют химический состав образца, а также увеличивают доступное для диффузии пространство. Данного эффекта можно достигнуть разными способами, как с помощью термической обработки, при нагревании древесины до 160-250 °C в камере без доступа к кислороду. Также делигнификацию можно осуществить и с помощью пропитки химическими соединениями. Отдельно стоит выделить и термическую модификацию. Несмотря на кажущуюся простоту, данный метод также может приводить к достижению результатов. При нагревании в древесине происходит процесс химической деструкции и частичное удаление гемицеллюлоз из клеток древесины. Но это не единственный эффект, который может дать данный тип воздействия. В зависимости от условий, в которых будет происходить процесс, термическая обработка также может привести и к сшиванию, описанному выше. Стоит упомянуть, что модификации не обязательно должна воздействовать на образец на всех уровнях. Модификации могут затрагивать только макропустоточную структуру или только частично затрагивать клеточную структуру. При полном изучении данного вопроса можно подобрать индивидуальный подход для каждого случая и определенных запросов. Модификация древесины представляет широкий спектр возможностей для манипуляций процессами сорбции и диффузии, происходящими в древесине. Примером таких манипуляций могут служить опыты по разделению процессов сорбции и диффузии. В таком случае процесс поглощения влаги будет сведен к сорбции и диффузии влаги клеточной стенки [3].

Несмотря на то что мотивацией для создания большинства технологий по модификации древесины изначально являлась попытка стабилизировать процессы набухания, современные технологии позволяют как уменьшить коэффициент линейного расширения, так и увеличить его. Уменьшение коэффициента связано с уменьшением возможности стенок клеток поглощать влагу. Но за счёт удаления компонентов из клеточной структуры можно достигнуть и обратного эффекта, увеличив пространство внутри клеточной стенки для больших объёмов воды. Однако на сегодняшний день можно достигнуть одновременно, казалось бы, противоположных эффектов, а именно достигнуть эффекта сшивания, увеличивающего жёсткость клеточной стенки, и увеличить гидроксильную доступность. Регулируя данные параметры можно выяснить степень взаимодействия между набуханием и жёсткостью клеточных стенок.

Использование описанных выше методов модификации могут не только помочь при создании более качественных материалов на основе древесины, но и дать новые знания о взаимодействии влаги и древесины. Например, объяснить роль влаги в процессах разложения, как обычной, так и модифицированной древесины, что в будущем откроет возможные пути решения проблемы использования древесины в местах с высокой влажностью. Глубокое понимание данного вопроса даст возможность для использования модифицированной древесины определенного типа в промышленности за счёт улучшенных физических и гидрофобных свойств.

Данная статья показывает, что существует множество путей воздействия на древесину, которые при правильном использовании могут сильно расширить сферу применения модифицированной древесины.

Список литературы

1. Уголев, Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение: Учебник. - М.: МГУЛ, 2007. - 351 с.
2. Thybring, E.E.; Fredriksson, M. Wood Modification as a Tool to Understand Moisture in Wood. *Forests* 2021, 12, 372.
3. Stamm, A.J. Bound water diffusion into wood in the fiber direction. *For. Prod. J.* 1959, 9, 27–32.
4. Brischke, C.; Alfredsen, G. Wood-water relationships and their role for wood susceptibility to fungal decay. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2020, 104, 3781–3795.

References

1. Ugolev, B. N. Woodworking and forest commodity science: Textbook. - Moscow: State Educational Institution of Higher Professional Education MSU L, 2007.-351 p.
2. Thybring, E.E.; Fredriksson, M. Wood Modification as a Tool to Understand Moisture in Wood. *Forests* 2021, 12, 372.
3. Stamm, A.J. Bound water diffusion into wood in the fiber direction. *For. Prod. J.* 1959, 9, 27–32.
4. Brischke, C.; Alfredsen, G. Wood-water relationships and their role for wood susceptibility to fungal decay. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2020, 104, 3781–3795.